

SÜRTÜNME KAYNAĞI İLE BİRLEŞTİRİLMİŞ FARKLI MALZEMELERİN KAYNAK BÖLGESİNİN İNCELENMESİ

Cevdet MERİÇ^{1*}, N. Sinan KÖKSAL¹, M. Tunca ERDOĞAN², Ahmet OKUR³

¹*Fatih Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Malzeme Mühendisliği Bölümü, 34500 Büyükçekmece-İstanbul, TÜRKİYE

¹Celal Bayar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makina Mühendisliği Bölümü, 45140 Manisa, TÜRKİYE

²Celal Bayar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 45140 Manisa, TÜRKİYE

³Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir Meslek Yüksekokulu, Buca-İzmir, TÜRKİYE

Özet: Sürtünme kaynağı otomotiv, makine, havacılık ve uzay endüstrilerinde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Diğer kaynak tekniklerinin yetersiz kaldığı özellikle silindirik parçaların kaynaklarında başarılı bir şekilde uygulanmaktadır. Alüminyum-çelik, alüminyum-bakır, çelik-seramik, alüminyum-seramik gibi malzemeler, bu yöntemle birleştirilebilir.

Bu çalışmada, piyasadan temin edilen AISI 304-SAE 1040; AISI 304-SAE 1020; ETİAL F1-SAE 1040; SAE 1040-SAE 1020; AISI 304-ETİAL F1; ETİAL F1-BS EN Cu-OF malzeme çiftlerinin sürtünme kaynağı gerçekleştirilmiştir. Yapılan bu kaynaklı birleştirmelerin kaynak bölgesinin metalürjik ve mekanik özelliklerinden sertlik belirlenmiştir. Mikrosertlik değerlerindeki değişimler ve içyapılar da incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Sürtünme kaynağı, AISI 304, SAE 1040, SAE 1020, ETİAL F1, BS EN Cu-OF*

INVESTIGATION OF THE WELDING REGION OF THE DIFFERENT MATERIALS WELDED BY FRICTION WELDING

Abstract: Friction welding process is widely used in automotive, aviation and space industries. It can successfully be used in welding of especially cylindrical parts where other techniques are of no use. Many dissimilar metal combinations such as aluminium-steel, aluminium-copper, steel-ceramic, and aluminium-ceramic can be joined using this process.

The present study was conducted to investigate the metallurgical and mechanical properties of friction welded AISI 304-SAE 1040; AISI 304-SAE 1020; ETİAL F1-SAE 1040; SAE 1040-SAE 1020; AISI 304-ETİAL F1; ETİAL F1-BS EN Cu-OF. The metallurgical and mechanical properties of friction-welded joints were determined. The changes in micro hardness values and microstructure were also investigated.

Keywords: *Friction welding, AISI 304, SAE 1040, SAE 1020, ETİAL F1, BS EN Cu-OF*

***Sorumlu yazar**

cmeric@fatih.edu.tr

GİRİŞ

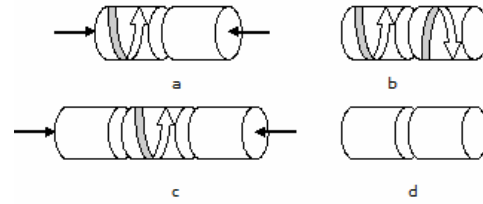
Malzeme ve üretim yöntemlerindeki gelişmelere bağlı olarak farklı malzemelerin bir arada kullanılması ihtiyacı günümüzde daha da önem kazanmıştır. Tasarım aşamasında fiziksel, mekanik ve metalürjik özelliklerine göre belirlenen malzemelerin son ürün aşamasındaki aynı veya farklı malzemeler ile birleştirilmesine ihtiyaç duyulabilmektedir. Bu durumda ana malzeme ve birleşme bölgesinde özelliklerde değişim olması kaçınılmazdır. Oluşan bu değişimin kabul edilebilir sınırlarda olması ve tasarımda sorun oluşturmaması çok önemlidir. Uygulanan katı hal kaynak yöntemlerinde belirtilen sakıncaları giderecek şekilde kaynak yöntemi geliştirilmesine çalışılmaktadır. Sürtünme kaynak yöntemi, bu noktada malzemelerin birleştirilmesinde başarılı bir şekilde uygulanabilmektedir [1-6].

Sürtünme kaynağı, sürtünmeyle mekanik enerjinin termal enerjiye dönüştürülmesiyle elde edilen ısıdan yararlanılarak parçalarının yüzeylerinin birleştirildiği bir katı hal kaynak tekniğidir. Kaynak süresi boyunca sürtünen yüzeyler basınç altındadır ve ısıtma fazı ya da sürtünme fazı olarak adlandırılan bu süreç yüzeylerde plastik şekil verme sıcaklığı oluşana kadar sürer. Çoğu durumda ısıtma fazı sonrasında basınç artırılarak ara yüzeydeki ısıtılmış metal yığılır. Böylelikle kaynak bölgesi bir tür termomekanik işleme tabi tutulmuş olur ve bu bölge iyi bir tane yapısı gösterir. Bu nedenle diğer yöntemlerle kaynaklanamayan metaller ve metal alaşımları rahatlıkla kaynatılabilir [7-14].

Sürtünme kaynağı metodu, yeterli mukavemette birleştirmelerin yapılabilmesi, kaynak için ihtiyaç duyulan enerjinin küçük olması, kaynak prosesinin kısa olması ve işlemin tam otomatik olarak yapılabilmesi ve yeni malzemelerin mevcut kaynak yöntemleriyle kaynak edilmesi sırasında meydana gelen sorunların üstesinden gelenebilmesi gibi avantajlarından dolayı,

üzerinde sürekli olarak araştırmalar yapılan bir alan olmuştur.

Bu yöntemin bakır ve bakır alaşımları uygulamaları, yüzeye bağlı küçük kuvvetler ve yüksek çevre hızlarıyla yapılır. Alüminyum ve alüminyum alaşımları da yüksek çevre hızları gerektirir. Artan mukavemetle birlikte yüzeye bağlı kuvvetler de büyür. Titanyum ve titanyum alaşımları yüzeye bağlı küçük kuvvetlerle kaynak yapılabilir. Şekil 1'de sürtünme kaynağının uygulama şekilleri şematik olarak görülmektedir.



Şekil 1. Sürtünme Kaynağının Uygulama Şekilleri [4]. a) En çok kullanılan ve en basit uygulama şekli, b) Yüksek dönme hızlarının gerekli olduğu küçük çaplı örnekler için uygun olan durumlarda, c) Çok uzun iki parçanın birleştirilmesinde, d) Boruların kaynağı için geliştirilmiş ve radyal kuvvet etkisi altında dönel bir bilezikten yararlanılarak yapılan kaynağı göstermektedir.

Sürtünme kaynağı uygulamalarının büyük çoğunluğunu dairesel kesitli çubukların ya da boruların kaynağı oluşturmaktadır (Şekil 2). Bu tür uygulamalarda sürtünmeyi oluşturan temel hareket dönme hareketidir. Sürtünme kaynağında, sürtünme için kullanılan dönme hareketi yanında, yörüngesel hareket, lineer titreşim hareketi ve açılabilir titreşim hareketi de uygulanabilir. Böylece silindirik olmayan parçaların da kaynağı yapılabilir. Gerekli mekanik enerjiyi sağlayan kaynağa göre iki ayrı yöntemle uygulanabilir. Günümüzde bu iki yöntemin bileşimi olan kombine kaynak yöntemleri de geliştirilmiştir.



Şekil 2. Sürtünme kaynak yöntemiyle üretilen bazı parçalar

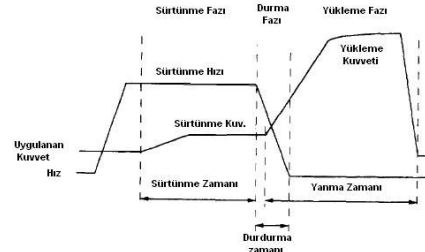
Sürtünme kaynağında dönme hızı, sürtünme basıncı, yığıma basıncı, sürtünme süresi, frenleme süresi, yığıma geciktirmesi süresi ve yığıma süresi gibi fazla sayıda parametre kontrol edilmelidir. Örnek geometrisi ve örneğin yapıldığı malzemeden kaynaklanan diğer parametreler de önemlidir. Ancak yapılan çalışmalar yöntem üzerinde en etkili olan ve optimizasyonu gereken parametrelerin dönme hızı, sürtünme basıncı, sürtünme süresi, yığıma basıncı ve yığıma süresi olduğunu göstermiştir. [13]. Dönme hızı özellikle ITAB'ın genişliğinde etkilidir. Çelikler için çevresel hız 1.2 – 1.8 m/s arasında önerilmektedir. 1.2 m/s nin altındaki hızlar çok yüksek momentler, dolayısıyla uniform olmayan bir yığıma üretir. Bununla birlikte farklı metal bağlantıları için düşük hızlar, gevrek bir intermetalik bileşiğin formlanmasını minimize edebilir. Yüksek hızların kullanılması durumunda ise, kaynak bölgesindeki aşırı ısınmayı önlemek için sürtünme basıncı ve sürtünme süresi çok dikkatli kontrol edilmelidir. Sürtünme basıncı ve yığıma basıncı örnek geometrisi ve yapıldığı malzemeye bağlıdır. Değişimi dar bir aralıkta değildir, basınç değişkeni, kaynak bölgesindeki sıcaklık derecesi ve aksel kısalma miktarı ile kontrol edilebilir (Şekil 3). Sürtünme basıncı, temas eden yüzeylerden oksitleri uzaklaştırabilecek, yüzeylerin atmosfer ile ilişkisini kesebilecek ve ara

yüzeylerde uniform bir ısıtma sağlayabilecek düzeyde olmalıdır. Sürtünme periyodu sonrasında, özellikle çelikler için bir yığıma basıncının uygulanması bağlantı kalitesini artırır.

Farklı malzemelerin kaynağında düşük mukavemetli malzeme esas alınarak yığıma basıncı tespit edilir. Genel anlamda yumuşak çelikler için sürtünme basıncı 30–65 MPa, yığıma basıncı 75–140 MPa iken orta karbonlu ve yüksek karbonlu çelikler için bu değerler 70–210 MPa ve 100–420 MPa değerindedir. Sürtünme ve yığıma süreleri malzemeye bağlıdır. Sürtünme süresi, sürtünen yüzeylerdeki olası mümkün kalıntı ve pislikleri temizleyebilecek ve gerekli plastisite için uniform bir kaynak bölgesi sıcaklığına ulaşmayı sağlayabilecek düzeyde olmalıdır. Elverişsiz bir ısıtma, bağlantıda yetersiz bir plastisiteye, yetersiz bir kaynaklanmaya sebep olacaktır. Buna karşın aşırı süre, aşırı derinlikte bir ısıtmaya ve malzeme sarfiyatına neden olacaktır.

Birleşme Bölgesindeki İçyapı

Sürtünme kaynağı yapılan kaynak dikişinde de ergitme ve difüzyon kaynakları yöntemlerinde olduğu gibi, malzemelerin malzemelerinin birbirine karıştığı bir bölge ile bunun etrafında her iki ana malzemenin ısıdan etkilenen bölgeleri bulunmaktadır.



Şekil 3. Kuvvet Yükleme Karakteristikleri [7].

Malzemelerin birbirine karıştığı bölgede, her iki malzeme atomlarının karşılıklı olarak birbiri içine difüzyona uğradıkları görülmektedir.

Özellikle sürtünme kaynağı yapılırken bu bölgede aşırı derecede mekanik bir karışma ve girdap olayı olduğundan, difüzyon olayı daha zorunlu olarak meydana gelmektedir. Isıdan etkilenen bölgeler, genellikle kaynak yapma sıcaklığının, yaklaşık olarak malzemelerin ergime sıcaklığının yarısına kadar yükseldiği ve bu sıcaklığın üzerine çıktığı yerlerdir [13].

Birbirinden farklı cinsten malzemeler, sürtünme kaynağı ile birleştirilirken, intermetalik faz oluşumu, ergime sıcaklığı malzemelerin kendilerinden daha az olan ötektik alaşımların oluşumu, çeliklerin martenzitik içyapı dönüşümü, yüksek karbonlu alaşımsız çeliklerde karbon azalması, içyapıda rektifikasyon ve tane irileşmesi olayları meydana gelebilir. Bu malzeme dönüşümlerinin hepsi de kaynak bağlantılarının mekanik özelliklerini olumsuz yönde etkilerler. Örneğin; intermetalik fazlar sert ve gevrek olduklarından, kalınlıkları belirli genişliği aşınca, buldukları tabaka boyunca, aşırı bir gevrekleşme gösterirler. Ergime sıcaklığı düşük ise, bazı hallerde kaynak yapma sırasında bile çatlamların meydana gelmesine neden olurlar. martenzitik dönüşüm yapan bölgelerde ise, taneler belirli bir büyüklük ve sertliği aşınca, intermetalik fazlarda görüldüğü gibi gevrekleşme meydana gelir. Alaşımsız çeliklerde karbon azalması, lokal olarak mukavemet değerlerinin azalması demektir. Yumuşak bölgelerin oluşumu ise, kaynak bağlantılarının mukavemet değerlerini azaltmaktadır.

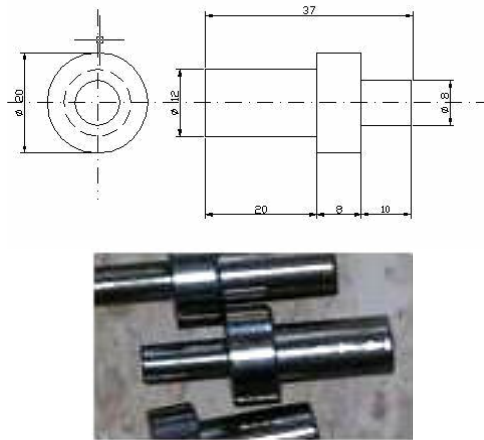
Sürtünme kaynağının oldukça kısa bir süre içinde yapılması, hem sıcaklık yükselirken ve hem de daha sonraki şişirme olayı sırasında, aşırı derecede plastik deformasyonların meydana gelmesi, diğer kaynak yöntemlerine

göre malzeme içyapısı dönüşümünü azaltıcı yönde etkileyerek üstünlük sağlar [6-9].

Bu çalışma, sürtünme kaynağı yöntemiyle farklı malzemelerin birleştirilebilmesini incelemek amacıyla yapılmıştır. Gerçekleştirilen kaynak sonrası sertlik ve mikroyapılarda oluşan değişimler incelenmiştir.

DENEYSEL ÇALIŞMA

Bu çalışmada piyasadan temin edilen 20 mm çapındaki SAE 1040, SAE 1020, AISI 304, BS EN Cu-OF ve ETİAL F1 malzemeleri tornada işlenerek Şekil 4'deki gibi deney örnekleri oluşturulmuş ve sürtünme kaynağı makinesi ile bu örneklerin kaynakları gerçekleştirilmiştir.



Şekil 4. Deney örnekleri ve boyutları.

Deneylerde kullanılan malzemelerin kimyasal bileşimleri Çizelge 1 ve Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 1. Deneylerde kullanılan çelik malzemelerin kimyasal içerikleri (% ağırlık)

Malzeme	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Al	Cu	W	Fe
SAE1040	0.428	0.213	0.736	0.009	0.030	0.049	0.018	0.102	0.010	0.215	0.014	Kalan
SAE1020	0.156	0.174	0.663	0.014	0.028	0.085	0.011	0.18	0.008	0.407	0.015	Kalan
AISI 304	0,036	0.334	1.54	0.038	0.030	18.26	0.390	8.41	0.023	0.681	0.094	Kalan

Çizelge 2. Deneylerde kullanılan diğer malzemelerin kimyasal içerikleri (% ağırlık)

Malzeme	Al	Cu	Si	Mn	Ni	Co	Sn	Sb	Zn	Mg
ETİALF1	97.89	0.241	0.354	0.055	0.009	0.015	0.005	0.003	0.156	0.568
BS EN Cu-OF	-----	99.97	0.001	-----	0.001	----	0.139	0.002	0.001	---

Boyutları Şekil 4’de belirtilen malzemeler AISI 304–SAE 1040; AISI 304–SAE 1020; ETİAL F1–SAE 1040; SAE 1040–SAE 1020; AISI 304–ETİAL F1 ve ETİAL F1-BS EN

Cu-OF şeklinde çift oluşturacak şekilde sürtünme kaynağı ile birleşmiştir. Kaynak yapılırken bütün örnekler için Çizelge 3’de verilen kaynak parametreleri kullanılmıştır.

Çizelge 3. Deney parametreleri

Sürtünme Basıncı (bar)	Yığıma Basıncı (bar)	Sürtünme Süresi (sn)	Yığıma Süresi (sn)	Sürtünme Alanı (mm ²)
15	40	60	5	50,3

Sürtünme kaynağı ile birleştirilen tüm örnekler metalografik inceleme için ortadan kesilerek, polyestere alınmış SiC esaslı su zımparaları ile zımparalandıktan sonra

alümina tozu ile parlatılmıştır ve daha sonra metal cinsine göre Çizelge 4’de verilen çözeltiler ile dağlanmıştır.

Çizelge 4. Kullanılan dağlayıcılar

Malzeme	Dağlayıcı Bileşimi
SAE 1040	%95 H ₂ O + %5 HNO ₃
SAE 1020	%95 H ₂ O+ %5 HNO ₃
AISI 304	%14 HNO ₃ +%43 HCl+%43 Gliserin
BS EN Cu-OF	5 gr Fe(NO ₃)+25 ml HCl+70 ml H ₂ O
ETİAL F1	10 ml HF+15 ml HCl+90 ml H ₂ O

Dağlama sonucu açığa çıkan iç yapılar metal mikroskobunda incelenmiş ve fotoğrafları çekilmiştir. Daha sonra örnekler tekrar parlatılarak kaynak bölgesi ve çevresinde noktalardan mikrosertlik (HV) değerleri ölçülerek kaynak bölgesinin sertlik dağılımı incelenmiştir.

AISI 304–SAE 1040 Malzeme Çifti

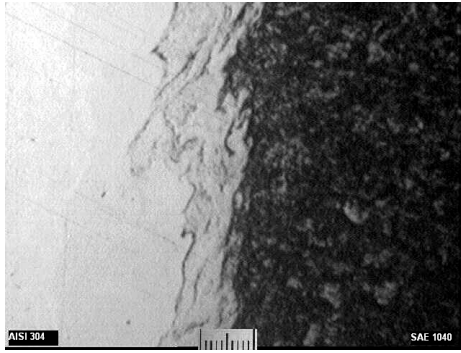
AISI 304 paslanmaz çelik ile SAE 1040 çeliğin sürtünme kaynak işlemi sonrası metal mikroskobu ile alınan görüntülerde tane

sınırları görülmektedir. Şekil 5’te kaynak bölgesi net olarak görülmektedir.

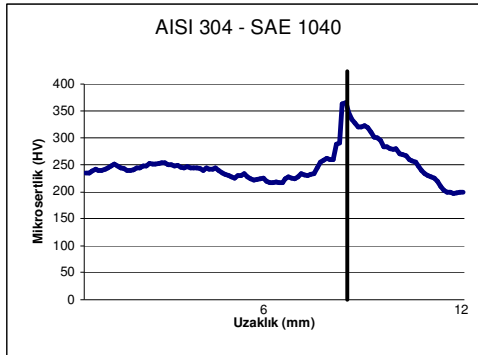
Yapılan mikrosertlik ölçümlerinde AISI 304 malzemede ortalama mikrosertlik 235 HV iken kaynak bölgesinde bu değer 365 HV’ye kadar çıkmış; Örneğin SAE 1040 malzemeli tarafında ise mikrosertlik ortalama 200 HV iken yine kaynak bölgesinde 334 HV’ ye kadar çıkmış; ısı etkisi altında kalan bölgelerde sertleşme meydana gelmiştir (Şekil 6).

Bu birleştirmelerdeki plastik deformasyon miktarını belirlemek için, işlem sonrası kaynak bölgesinde oluşan kıvrım şekillerinin az veya çok olması durumu incelenerek karar verilmiştir.

SAE 1040 malzemeye göre daha sert bir malzeme olan AISI 304 malzemenin kaynak bölgesinde plastik deformasyonun daha az olduğu gözlenmiştir.



Şekil 5. AISI 304–SAE 1040 Kaynak Bölgesinin İyapısı (x250).

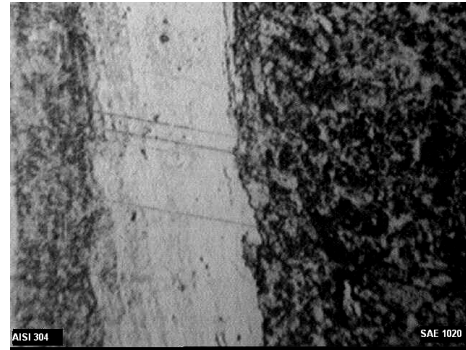


Şekil 6. AISI 304 – SAE 1040 Kaynak Bölgesinin Mikrosertlik dağılımı.

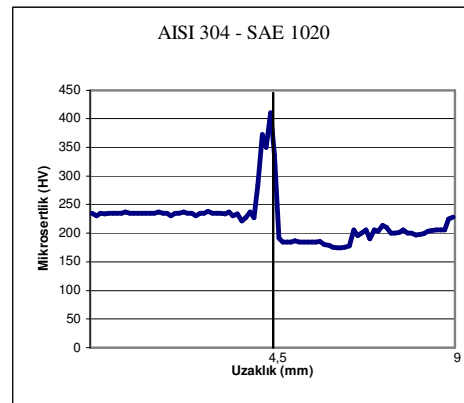
AISI 304 – SAE 1020 Malzeme Çifti

AISI 304 paslanmaz çelik ile SAE 1020 malzemelere sürtünme kaynağı yapılmıştır. Örnek parlatılıp dağlandıktan sonra metal mikroskobu ile görüntüler alınmıştır. Şekil 7’de AISI 304 ile SAE 1020 malzemenin sürtünme kaynaklı bölgesi görülmektedir.

Şekil 8’de örneğin kaynak bölgesindeki mikrosertlik dağılımı gösterilmiştir. Alınan mikrosertlik verilerinde AISI 304 malzemede ortalama mikrosertlik değeri 235 HV’de seyrederken kaynak bölgesinde 400 HV’yi geçmiştir. Yine SAE 1020 malzemesinde ortalama mikrosertlik değeri 190 HV’de seyrederken kaynak bölgesinde 250 HV’yi geçmiştir. Malzemelerin ısı etkisi altında kalan bölgelerinde sertleşme meydana gelmiştir. SAE 1020 malzemeye göre daha sert bir malzeme olan AISI 304 malzemenin sürtünme kaynaklı bölgesinde plastik deformasyonun daha az olduğu gözlenmiştir.



Şekil 7. AISI 304–SAE 1020 Kaynak Bölgesinin İyapısı (x250).

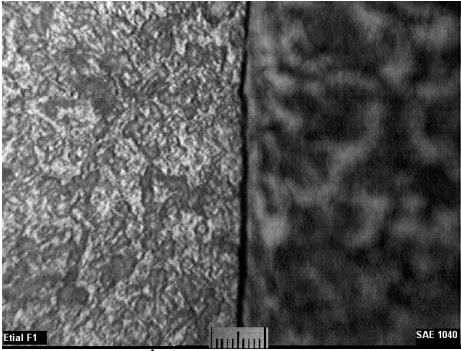


Şekil 8. AISI 304 – SAE 1020 Kaynak Bölgesinin Mikrosertlik dağılımı.

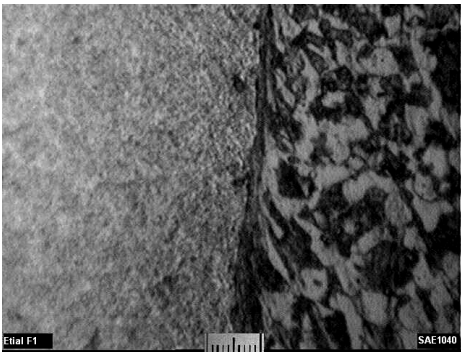
ETİAL F1 – SAE 1040 Malzeme Çifti

Şekil 9-11’de ETİAL F1–SAE 1040 malzeme çiftinin kaynak bölgesinin farklı büyültme

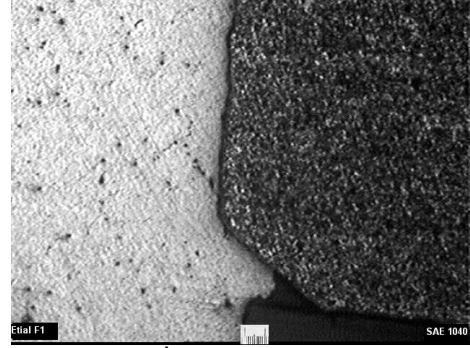
oranlarında alınan içyapı görüntüleri verilmiştir. Bu bölgenin dağlama sıvısının malzemenin içyapı görüntüsüne etkisi de açıkça görülmektedir. Şekil 12’de görülen mikrosertlik grafiğinde, ETİAL F1 tarafında mikrosertlik değeri ortalama 50 HV iken kaynak bölgesinde bu değer 57 HV’ye çıkmıştır. Örneğin SAE 1040 tarafında ise ortalama mikrosertlik değeri 200 HV’de seyrederken kaynak bölgesinde bu değer 220 HV’ye kadar çıkmıştır. SAE 1040 çeliğine göre yumuşak bir malzeme olan ETİAL F1 malzemenin kaynak bölgesindeki plastik deformasyon SAE 1040 çeliğine göre daha yüksek oranda olmuştur. Her iki malzemede de ısı etkisi altında kalan bölgede sertleşme meydana gelmiştir.



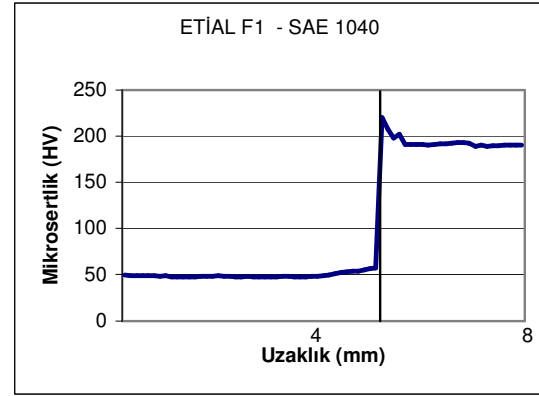
Şekil 9. ETİAL F1 – SAE 1040 Kaynak Bölgesinin İçyapısı (x400).



Şekil 10. ETİAL F1 – SAE 1040 Kaynak Bölgesinin İçyapısı (x400).



Şekil 11. ETİAL F1 – SAE 1040 Kaynak Bölgesinin İçyapısı (x100).



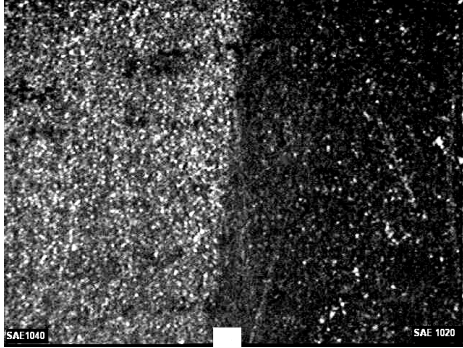
Şekil 12. ETİAL F1 – SAE 1040 Kaynak Bölgesinin Mikrosertlik dağılımı.

SAE 1040 – SAE 1020 Malzeme Çifti

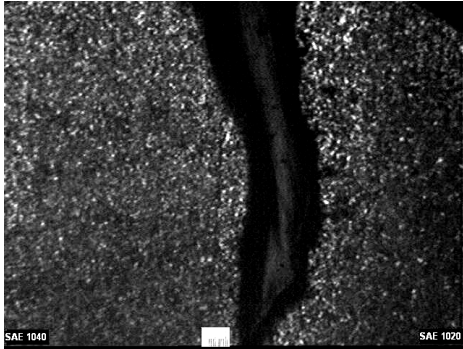
SAE 1040 ve SAE 1020 malzemelere sürtünme kaynağı yapılmış parlatma ve dağlama işlemlerinden sonra mikroyapısı incelenmiştir. Kaynak bölgesi Şekil 13’de gösterilmiştir; Şekil 14’de ise kaynak bölgesinin kenarının üst yüzeyi gösterilmiştir.

Şekil 15’de ise örneğin SAE 1040 tarafında mikrosertlik değeri ortalama 230 HV’de seyredirken kaynak bölgesinde 300 HV’e yaklaşmıştır; yine örneğin SAE 1020 tarafında ortalama mikrosertlik değeri 200 HV’de seyredirken kaynak bölgesinde 290 HV’ye yaklaşmıştır. Isı etkisi altında kalan bölgede sertleşme olurken, bu örnekte daha geniş bir alan ısı etkisi altında kalmıştır ve oluşan

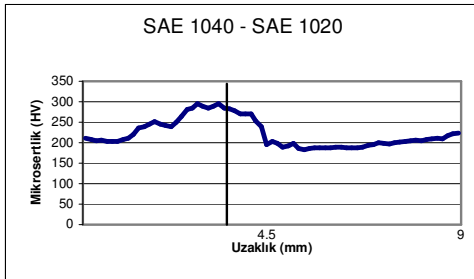
plastik deformasyon birbirine yakın düzeylerde dir.



Şekil 13. SAE1040-SAE1020 Kaynak Bölgesinin İyapısı (x100).



Şekil 14. SAE 1040 - SAE 1020 Kaynak Bölgesinin İyapısı (x100).



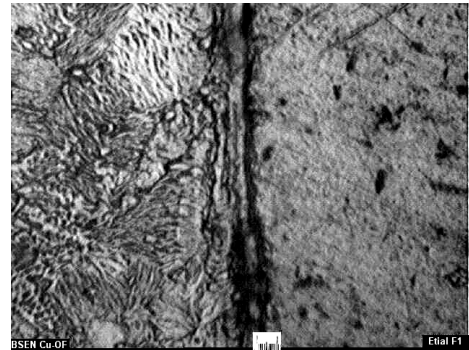
Şekil 15. SAE1040-SAE1020 Kaynak Bölgesinin Mikrosertlik dağılımı.

ETİAL F1 - BS EN Cu-OF Malzeme Çifti

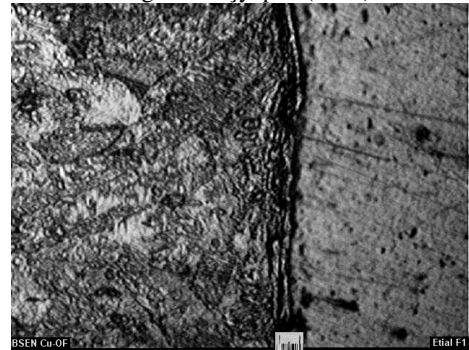
ETİAL F1 malzeme ile BS EN Cu-OF malzemenin sürtünme kaynağı gerçekleştirilmiş ve daha sonra metal

mikroskobu ile mikroyapısı incelenmiştir. Şekillerde tane sınırları açıkça görülebilmektedir. Tane sınırlarının da görülebildiği kaynak bölgesi Şekil 16 ve Şekil 17'de gösterilmiştir.

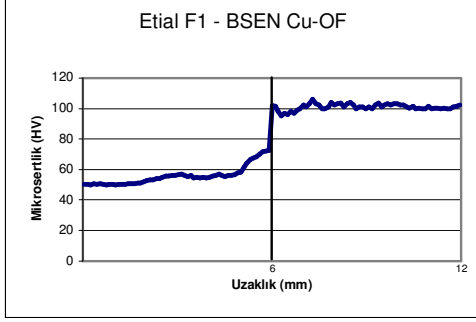
Şekil 18'de alüminyum malzeme olan ETİAL F1'den ve bakır malzeme olan BS EN Cu-OF'den alınarak oluşturulan mikrosertlik (HV)-Uzaklık (mm) grafiği incelenmiş ve örneğin ETİAL F1 tarafında mikrosertlik değeri ortalama 51 HV'de kaynak bölgesinde 72 HV'e kadar çıktığı; örneğin BS EN Cu-OF tarafında ise örneğin ısıdan fazla etkilenmediği ve sertlik değerinin ortalama 100 HV'de seyrettiği gözlenmiştir. Malzeme çiftindeki plastik deformasyon miktarlarına bakıldığında ETİAL F1 malzemede plastik deformasyonun BS EN Cu-OF malzemeye oranla daha fazla olduğu gözlenmiştir.



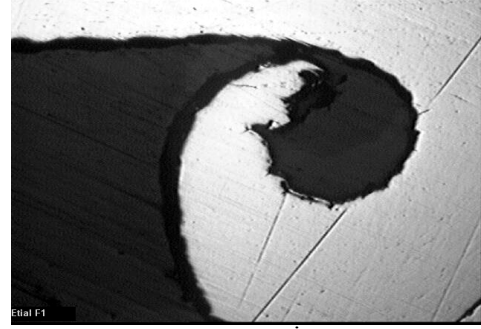
Şekil 16. ETİAL F1 - BS EN Cu-OF Kaynak Bölgesinin İyapısı (x100).



Şekil 17. ETİAL F1 - BS EN Cu-OF Kaynak Bölgesinin İyapısı (x100).



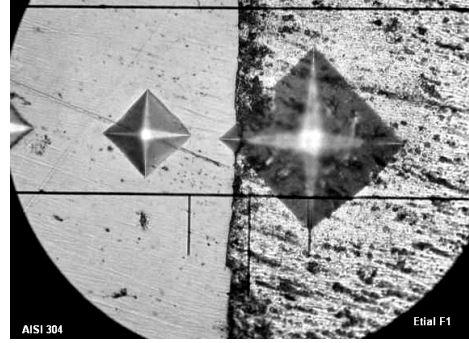
Şekil 18. ETİAL F1 – BS EN Cu-OF Kaynak Bölgesinin Mikrosertlik dağılımı.



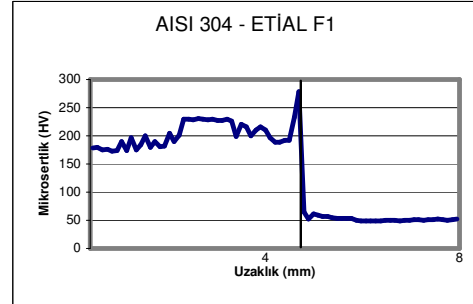
Şekil 20. AISI 304 – ETİAL F1 Kaynak Bölgesinin İçyapısı (x100).

AISI 304 – ETİAL F1 Malzeme Çifti

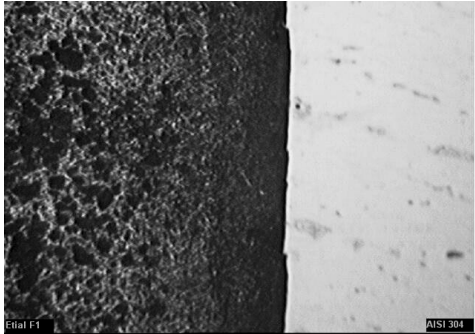
AISI 304 malzeme ile ETİAL F1 malzemenin sürtünme kaynağından sonra metal mikroskobu ile alınan kaynak bölgesinin mikroyapı görüntüleri Şekil 19 ve Şekil 20'de verilmiştir. Örneğe ait mikroyapı görüntülerinde tane sınırları görülmektedir. Örnek için yapılan mikrosertlik ölçümlerinde AISI 304 malzemede ortalama mikrosertlik değeri 235 HV'de iken kaynak bölgesinde 280 HV'ye çıkmıştır; yine ETİAL F1 malzeme tarafında ortalama mikrosertlik değeri 50 HV'de seyrederken kaynak bölgesinde bu değer 64 HV'ye kadar çıkmıştır. Örnekte ısı etkisi altında kalan bölgede sertleşme meydana gelirken alüminyum malzeme olan ETİAL F1'de, paslanmaz çelik malzeme olan AISI 304'e oranla plastik deformasyonun daha fazla olduğu gözlenmiştir (Şekil 21 ve Şekil 22).



Şekil 21. Mikrosertlik Değişimi.



Şekil 22. AISI 304 – ETİAL F1 Kaynak Bölgesinin Mikrosertlik dağılımı.



Şekil 19. AISI 304 – ETİAL F1 Kaynak Bölgesinin İçyapısı (x100)

SONUÇLAR

Bu çalışmada farklı bileşimlere sahip ve bilinen yöntemlerle kaynağında sorunlarla karşılaşılan SAE 1040, SAE 1020, AISI 304, BSEN Cu-OF ve ETİAL F1 malzemelerin; AISI 304 – SAE 1040; AISI 304 – SAE 1020; ETİAL F1 – SAE 1040; SAE 1040 – SAE 1020; ETİAL F1 - BSEN Cu-OF ve AISI 304

-ETİAL F1 malzeme çiftlerinin sürtünme kaynağı başarılı bir şekilde gerçekleştirilmiştir.

Malzeme çiftlerinin kaynak bölgelerinin içyapıları ve mikrosertlik dağılımları incelenmiştir.

Kaynak bölgesindeki mikrosertlik değerlerinin esas malzemenin mikrosertlik değerinden fazla olduğu gözlenmiştir. Malzemeler arasında element geçişi bu sertlik artışına neden olabilmektedir. Bu çalışmayı kaynak bölgesinin element analizi ve oluşan yapılar açısından detaylı şekilde incelemek faydalı olacaktır.

Birbirine oranla biri diğerinden daha sert yapıya sahip malzeme çiftlerinin sürtünme kaynağında sert malzemede plastik deformasyonun (makro gözlemlere bağlı olarak) daha az olduğu, yumuşak malzemede ise daha fazla olduğu gözlenmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] Donohue J.J., "The Friction Welding Advantage", Welding Journal, Vol.80, No:5, pp. 30-34, 2001.
- [2] Sathiya P., Aravindan S., Noorul Haq A., "Mechanical and metallurgical properties of friction welded AISI 304 austenitic stainless steel", Int J. Adv. Manuf. Technol, 26: pp. 505-511, 2005.
- [3] Chalmers, Raymond E., "The Friction Welding Advantage", Manufacturing Engineering, Issue: May, 2001.
- [4] <http://www.key-to-metals.com/Article51.htm>
- [5] Uzkut, M., Ünlü, B. S., Akdağ, M., "Sürtünme Kaynağı İle Birleştirilmiş Yüksek Alaşımli İki Farklı Çeliğin Mikroyapı ve Mekanik Özellikleri", Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi, Sayı: 1, s:11-17, 2006.

[6] Şahin M., "Joining with Friction Welding of High-Speed Steel and Medium-Carbon Steel", Journal of Materials Processing Technology, Volume 168, Issue 2, pp: 202-210, 2005.

[7] Yilbas B.S, Sahin A.Z., Kahraman N., Al-Garni A. Z.. "Friction Welding of St-Al and Al-Cu Materials" Journal of Materials Processing Technology, 49, 431-443, 1995.

[8] Satyanarayana, V.V., Madhusudhan, Reddy, G., Mohandas, T., "Dissimilar metal friction welding of austenitic-ferritic stainless steels", Journal of Materials Processing Technology, 160, pp. 128, 2005.

[9] Taşkın, M., Çay, V., Özdemir, N., "Sürtünme Kaynağı ile Birleştirilmiş AISI430/Ç1010 Çelik Çiftinin Ara Yüzey Mikro Yapı Değerlendirmesi", Teknoloji, Cilt:8, S. 65, 2005.

[10] Preuss M., Withers P.J., Baxter G.J., "A comparison of inertia friction welds in three nickel base superalloys", Materials Science and Engineering: A, Volume 437, 2006.

[11] Lee, W., Kim, Y., Jung, S., "Effects of copper insert layer on the properties of friction welded joints between TiAl and AISI 4140 structural steel", Intermetallics 12, 671, 2004.

[12] Şahin, M., Akata, H. E., "An Experimental Study on Friction Welding of Medium Carbon and Austenitic Stainless Steel Components", Industrial Lubrication Tribology, Vol. 56, No:2, pp:122-129, 2004.

[13] Yılmaz, M., Çöl, M., Acet, M., "Interface properties of aluminium/steel friction-welded components", Materials Characterization, 49, 421-429, 2003.

[14] Şahin M, Akata H.E, Özel K, "Soğuk Şekil Verilmiş Alüminyum Malzemelerinin Sürtünme Kaynak Yöntemiyle Birleştirilmesi Üzerine Deneysel Bir Çalışma", Mühendis ve Makina Dergisi, Sayı 573, S: 24-31, 2007.

[15] Erdoğan M.T. "Sürtünme Kaynağı ile Farklı Metallerin Birleştirilmesi" Y. Lisans tezi, C.B.Ü. Fen Bilimleri Ens. 2004.

Geliş Tarihi: 26/12/2007

Kabul Tarihi: 26/02/2008